Fernando EGIDO ARTEAGA [402]:

Utilización de modelos cognitivos y formalización de la relatividad espacio-temporal en la música paramétrica y su tratamiento algorítmico con Max/Msp.

RESUMEN: Este paper trata sobre cómo se han utilizado ciertos modelos cognitivos, extraídos de la Ciencia Cognitiva y de la Neurociencia Cognitiva, para recrear la relatividad de la cognición de la temporalidad a través de la formalización paramétrica de composiciones musicales. La cognición de la temporalidad es entendida como la vivencia psicológica del tiempo que se produce en la escucha de la obra. La sensación de temporalidad deriva de la forma en que determinados patrones, que se superponen, son reconocidos o no. Los modelos cognitivos sobre la memoria juegan un papel crucial, ya que la relación entre la memoria a corto plazo y a largo plazo, determinará la cognición de los patrones que, a su vez, determinará un tipo de vivencia de la temporalidad. El reconocimiento de patrones, es usado para inducir ciertas cogniciones de la temporalidad. Las teorías cognitivas usadas modelan la relación que hay entre la memoria y el reconocimiento de patrones.

PALABRAS CLAVE: Música paramétrica, modelos cognitivos, formalizaciones espacio-temporales. Max/Msp.

1. Introducción

La música paramétrica, en la medida en que es capaz de elaborar discursos sonoros en los que no existen centralidades paramétricas, permite que los diversos parámetros utilizados en la construcción de los eventos sonoros puedan reinterpretarse de una forma muy abstracta, permitiendo nuevas formalizaciones de lo que es una obra sonora.

---

[402] Universidad Complutense de Madrid. busevin@gmail.com

Dichas formalizaciones abstractas permiten la intercambiabilidad de las funciones de los parámetros sonoros, lo que nos permite, paradójicamente, una reflexión del papel que ciertos parámetros juegan o pueden jugar en el discurso sonoro.

Las formalizaciones paramétricas permiten sustituir los discursos sonoros basados en las propiedades paramétricamente definidas de los materiales, por discursos sonoros basados sobre ciertos modelos cognitivos que no están asociados a determinadas propiedades de los materiales sonoros paramétricamente definidas, permitiendo una redefinición del papel que pueden jugar ciertos parámetros, como el tiempo, en el discurso sonoro una vez que han sido despojados de su función central.

Tarde o temprano todos los compositores tenemos que hacer una profunda reflexión acerca de un pensamiento del tiempo en nuestra propia obra. En mi caso, no he tomado el tiempo como un parámetro independiente, sino que he buscado las posibilidades que ofrece su integración con el movimiento. Para mí, no tiene sentido plantearse el problema del tiempo aisladamente, sin tener en cuenta cómo coexiste con el movimiento y la velocidad. Hablar de tiempo y movimiento como algo integrado, nos lleva ineludiblemente a la relatividad

Se trata de integrar los conceptos de tiempo, movimiento y memoria como la Música Espectral ha integrado la altura con el timbre. De igual modo que altura y timbre son dos fenómenos que no se pueden estudiar por separado. Tampoco pueden ser aislados el tiempo, el movimiento y la memoria. Se trata de que el movimiento sea relativo a la escucha. Para ello, se crea un complejo sistema formal en el que la posición de determinados materiales musicales con respecto a los demás determina el valor de los parámetros de los objetos musicales. La percepción del movimiento que se deriva de este concepto de movimiento de los objetos musicales es muy ambigua y permite, como consecuencia, ser percibido de formas muy distintas en función de la memoria de la persona que escucha la obra. La estructura formal de la obra está creada para buscar diferentes percepciones del movimiento. Los modelos cognitivos usados definen cómo la memoria o su falta, determina, a través del recuerdo de ciertos objetos sonoros, el reconocimiento de ciertas regularidades que, a su vez, indicen una percepción del movimiento del material que determinará la vivencia del tiempo.

La música paramétrica sustituye el concepto de disonancia asociado a las propiedades de los materiales sonoros por la disonancia cognitiva, con la que la sensación de tensionamiento es generada por las tareas cognitivas implicadas en el reconocimiento de patrones. En una música sin centralidades paramétricas, no es

posible que el concepto de tensionamiento esté asociado a un determinado parámetro, ya que en tal caso dicho parámetro se convierte en central por definición.

Para poder definir el concepto de movimiento sobre el que se formaliza el espacio-tiempo musical, que permitirá una percepción de la vivencia psicológica del tiempo abierta, se utiliza el concepto de eje de referencia asociado a la parametrización de la obra. El concepto de voz de una obra tradicional es sustituido por el de eje de referencia. Un eje de referencia es un patrón parametrizado de tal forma que los atributos de los objetos sonoros pertenecientes a dicho eje de referencia dependen de la posición de este patrón con respecto a otro patrón o con respecto a la repetición de ese mismo patrón. Cada eje de referencia funciona como un espacio n-dimensional que se mueve a una determinada velocidad con respecto a los demás espacios n-dimensionales. Cada eje de referencia en un patrón repetitivo cuyas propiedades sonoras son representadas por el espacio n-dimensional, con tantas propiedades como *n-dimensiones* se hayan parametrizado. El concepto de eje de referencia permite que ninguno de los parámetros que lo definen sea central, como se verá más adelante, y permite, además, un fácil tratamiento algorítmico.

Que la música paramétrica sea considerada como varios ejes de referencia n-dimensionales que se mueven a distintas velocidades permite, como veremos en *Disonancia Cognitiva*, que el compositor, literalmente, componga con tiempos ya que el único parámetro real con el que el compositor toma decisiones es el tiempo de repetición de cada uno de los patrones asociados a cada eje y su evolución en el tiempo. La falta de centralidades paramétricas garantiza que la percepción de unos parámetros no está condicionada por otros de una forma fija, en las obras en las que existen centralidades paramétricas los modelos cognitivos son difícilmente usables ya que la escucha está condicionada a asociar los procesos que ocurren en ciertos parámetros a los parámetros centrales. Lo fundamental de la música paramétrica, es utilizar las formas en que unos parámetros influyen en la percepción de los otros, utilizando teorías cognitivas que permiten modelizar estas interdefiniciones, que sólo pueden llevarse a cabo en una escucha libre de los condicionamientos que establecen las jerarquías de parámetros. Así pues, los modelos cognitivos nos permiten condicionar la percepción (significatividad) de lo que ocurre en un parámetro a lo que ocurre en otros a través de dichos modelos.

Para que sea más fácil tratar una obra paramétrica se considera como formada por un conjunto de superposición de capas formadas por un conjunto de ejes de referencia. Todos los ejes de referencia que están en una misma capa tienen entre sí interdeterminaciones paramétricas cruzadas. Los ejes de referencia que no forman parte de la misma capa no tienen interdeterminaciones cruzadas. En *Disonancia Cognitiva* encontramos hasta 24 capas cada una de ellas formada por hasta 12 ejes de referencia.
A los efectos de su tratamiento algorítmico, la música paramétrica considera a los patrones dentro de su correspondiente eje de referencia como iteraciones, definiéndose con cada iteración del patrón, la forma en que se modifican los parámetros considerados como integrantes de los ejes de referencia.

2. Formalizaciones paramétricas predicativo-conjuntistas.

Formalización predicativo-conjuntista[403] de una teoría relativa.
Los componentes de un modelo relativista son:

Un conjunto ***N*** de parámetros ***n***
Un conjunto ***L*** de subconjuntos de ***N***
Otro conjunto de parámetros (metaparámetros) ***M*** (cualquier parámetro de ***M*** puede ser a su vez un parámetro de ***N***)
Un conjunto de sistemas de referencia $\boldsymbol{K}=\{\boldsymbol{k}, \boldsymbol{k}', \ldots, \boldsymbol{k}^{n}\}$
Un sistema de referencia ***k*** (que se define por ***N*** parámetros) cuyo centro está definido sobre un evento $\boldsymbol{e_0}$..
Un sistema de referencia ***k´*** (que se define por ***N*** parámetros) cuyo centro está definido sobre un evento $\boldsymbol{e_0}$***’***.
Y hasta ***n*** sistemas de referencia $\boldsymbol{k^n}$ como se hayan definido en ***K*** (que se definen por ***N*** parámetros) cuyo centro está definido sobre un evento $\boldsymbol{e_0^n}$.

[403] La siguiente formalización toma como ejemplo las modelizaciones de lo que se llamó el Programa Estructural. Las razones para utilizar este formalismo y no otro caen fuera del alcance de este paper. Si alguien quiere saber un poco más, recomiendo la lectura del capítulo 6 de (1) ECHEVERRÍA, Javier. *Introducción a la Metodología de la Filosofía de la Ciencia en el siglo XX*. Madrid: Cátedra, 1999. O, incluso major, el libro (2) SNEED, Joseph D. . *The Logical Structure of Mathematical Physics*. Dordrecht: Reidel, 1971.

Un conjunto de eventos de *n-tuplas* ***E***={***e***, ***e***$_1$, … } definidos con respecto a ***k.***
Un conjunto de eventos de *n-tuplas* o *l-tuplas* ***E'***={***e'***, ***e***$_1$***'***, … } definidos con respecto a ***k'.***
Y tantos otros conjuntos de eventos como sistemas de referencia se hayan definido en ***K.***
Un conjunto de conjuntos de eventos de *x-tuplas* definido, cada uno de ellos, a un determinado sistema de referencia ***k***.
Los objetos ***e,*** si cumplen determinadas condiciones, pueden ser vectores, pero pueden existir objetos de tipo ***e*** que no sean vectores, es decir, un objeto de tipo ***e*** no tiene porqué ser, necesariamente, un vector.

Una posición de cada evento perteneciente a ***E*** con respecto a su eje de referencia.
Al menos un evento ***e*** perteneciente por cada conjunto ***E,*** que puede ser nulo.

Un evento ***e'***={***x***, ***y***,.., ***n***}, perteneciente a ***E'*** que define la posición del evento ***e*** respecto a ***K'***.

Un evento ***e´***={***x´***, ***y´***,.., ***n´***} que define la posición de cualquier evento *e* respecto a ***K´*** , en función de las aplicaciones ***A***

Tantos otros eventos n como ejes definidos en ***K*** ***e***^{n}={x^n, y^n, .., n^n} que define la posición de cualquier evento *e* respecto a K^n, en función de las aplicaciones ***A.***

Un conjunto de aplicaciones ***A*** que asocian y determinan la trasformación de los valores de ***e*** a ***e´*** y/o de cualquier evento de cualquier eje de referencias a cualquier otro eje de referencia, en función de los valores de los parámetros ***M***.

e={***x***, ***y***, ..., ***l***, …, ***n***}
e´={***x´***, ***y´***, ..,***l'***, …, ***n´***}

$x \xrightarrow{A} x', \; y \xrightarrow{A} y', \ldots, \; l \xrightarrow{A} l',$

Definición formal de relatividad

$\boldsymbol{e} \xrightarrow{A} \boldsymbol{e'}, \boldsymbol{e'}, \xrightarrow{A^{-1}} \boldsymbol{e''}, \boldsymbol{e} = \boldsymbol{e''}$

Un sistema es absoluto sólo si existe un sistema de coordenadas ***k*** privilegiado tal que no se puedan definir los eventos mediante otro sistema de referencia. Sólo puede haber un centro y no se pueden definir las coordenadas de un evento con respecto a otro centro. Es decir, cuando se puede demostrar que la aplicación $\xrightarrow{A^{-1}}$ no existe.

3. Formalización predicativo-conjuntista de disonancia cognitiva

Conjuntos

Conjunto ***N*** de parámetros ***n***

N= {altura, comienzo de nota, final de nota, timbre, dinámica, punto de lectura del fichero por phase vocoding, envolvente de amplitud, frecuencia inicial del filtro, núm. notas, velocidad de repetición de iteración }

N= {a, cn, fn, t, d, pv, ea, f, nn, v}

El tiempo de repetición, es el único parámetro que no puede ser elidido y se controla *ad libitun* en tiempo real por el compositor. La duración del patrón y el número de notas debe formar parte de los subconjuntos ***L***, cualquier otro parámetro puede ser elidido.

Subconjuntos ***L*** de ***N***

L= {a, cn, fn, t, d, pv, ea, f, nn, v, d}

L'={a, cn, fn, t, d, pv, ea, nn, v, d}

L''= {a, cn, fn, t, d, pv, nn, v, d}

L'''= {a, cn, fn, t, nn, v, d}

L''''= {a, cn, fn, nn, v, d}

Conjunto de (metaparámetros) ***M.***

La matriz de fases se nota como ***ph*** con un subíndice que nota el eje de referencia con respecto al cual se mide la fase del otro eje de referencia con el que se calcula el desfase. Es una matriz de tantas filas y columnas como n-ejes de referencia hay.

M= {matriz desfases n-ejes de referencia, iteración del patrón, n ejes de referencia, comienzo relativo del layer, final del layer, número de capas de la obra, afinación, número máximo de notas por eje}
La afinación se especifica en divisiones por octava (12, 24, 48, etc.)

M= {ph$\begin{pmatrix} ii & \ldots & ni \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ in & \ldots & nn \end{pmatrix}$,i, er, cc, fc, nc, af, nm}

Subconjuntos de (metaparámetros) *M*

Existe un subconjunto muy especial de metaparámetros que sirven para definir una capa que son:
M´= {cc, fc, er, nm, af}
Así pues una capa queda definida por estas tres propiedades más un subconjunto ***L,*** Más un conjunto de aplicaciones ***A***

Conjunto de sistemas de referencia

El número de ejes de referencia de la obra queda determinado por la suma de todos los ejes de referencia que hay en cada capa.

Sistema de referencia (internos a cada capa)

Patrón I = {a, cn, fn, t, d, pv, ea, f, nn, v, d}, Patrón J= {a, cn, fn, t, d, pv, ea, f, nn, v, d}, …,Patrón N= {a, cn, fn, t, d, pv, ea, f, nn, v, d}

Eventos de la obra

Conjunto de eventos de E^i={e^i_i, e^i_j, …,e^i_n} pertenecientes a Patrón I, Conjunto de eventos de E^j={e^j_i, e^j_j, …,e^j_n} pertenecientes al Patrón J, …, Conjunto de eventos de E^n={e^n_i, e^n_j, …,e^n_n} pertenecientes al Patrón N

Eventos e^{i}={a, cn, fn, t, d} pertenecientes a E^{i}, Eventos e^{J}={a, cn, fn, t, d} pertenecientes a E^{j}**, …,** Eventos e^{n}={a, cn, fn, t, d} pertenecientes a E^{n}

Conjunto de aplicaciones A

Las aplicaciones **A** tienes el siguiente formato, teniendo en cuenta que todos los parámetros están midificados y sus valores en tiempo real son controlados mediante mensajes MIDI *control change (0-127)*. Cada eje de referencia tiene su propio canal midi. La phase con respecto a otro eje de referencia determina el parámetro actual escalando 360 por los 128 valores que dicho parámetro puede tomar):

em[404] =factor de escalado de fase a midi =(127/360)

Cada capa tiene un conjunto de aplicaciones ***A*** formado por tantas aplicaciones como ejes tenga. Así, el conjunto de aplicaciones ***A*** queda formalizado como sigue:

A={***Ai-n***, A^{j-n}, …, A^{n-n}}

Se leen Aplicación del eje ***I*** con respecto a las fases de ***n*** (las fases ***n*** son las fases con respecto a cualquier otro eje de referencia). Para simplificar, y a efectos prácticos cualquier fase de la matriz de fase puede ser notada, así ph_n nota una fase de ***i*** respecto al eje ***n***.

A= {(A^{i-n}={a={α_{i-1}}-((ph_n*em) mod af), cn=(i-1)*dp, fn=i*dp, t= ph_n*em, d= ph_n*em, pv= ph_n*em, ea= ph_n*em, f= ph_n*em,nn= ph_n*em, v},

---

[404] Algunos parámetros, como el número de notas o las envolventes, cuyos valores son inferiores a 127 eran reescalados de 127 al número máximo de su posible valor, para no complicar la grafía se omiten. Las envolventes eran un conjunto de envolventes predefinadas con un índice, sólo se especificaba el índice y no cada uno de los parámetros de la envolvente. Hay que aclarar que la altura nota, solamente, la altura de una de las notas. Las demás se calculan a partir de esa nota mediante un algoritmo semialeatorio que se omite por simplificar.

$\boldsymbol{A}^{j\text{-}n}$={{a={$\boldsymbol{\alpha}_{i-1}$}-(($ph_n$*em) mod af), cn=(i-1)*dp, fn=i*dp, t= ph_n*em, d= ph_n*em, pv= ph_n*em, ea= ph_n*em, f= ph_n*em,nn= ph_n*em, v },

... ,

$\boldsymbol{A}^{n\text{-}n}$={a={$\boldsymbol{\alpha}_{i-1}$}-(($ph_n$*em) mod af) , cn=(i-1)*dp, fn=i*dp, t= ph_n*em, d= ph_n*em, pv= ph_n*em, ea= ph_n*em, f= ph_n*em,nn= ph_n*em, v}}

Una vez establecido el formalismo, el compositor es libre de ir instanciando capas y de controlar la velocidad de repetición de los patrones de cada capa en tiempo real. Así pues, a efectos prácticos, cada capa se crea con un patch en el que se implementa dicha capa. El compositor ejecuta el patch y el resultado es un volcado midi que es interpretado por un motor de síntesis.

La obra está formada por un conjunto de eventos ***e*** cada uno de los cuales se define por un conjunto de eventos midi que definen todos los parámetros establecidos en el formalismo.

El compositor puede ajustar los parámetros del tiempo de repetición o la velocidad de cada patrón hasta obtener los resultados que le resulten más interesantes. Así, en realidad, el compositor no compone con notas sino con velocidades, es la magia de la música paramétrica. Estas formalizaciones del espacio-tempo musical permiten al compositor componer con superposición de tiempos y no con notas. Finalmente, la obra es el resultado de las superposiciones de las capas según han sido definidas.

Ejemplo de una capa con 4 ejes de referencia

M= {cc, fc, er, nm, af}, **L**

Definimos el comienzo de la capa en el 2 y el final en 3, definimos 4 ejes de referencia y una afinación por octavos de tono, y un máximo de 8 notas por eje, luego:

M = {2, 3, 4, 8, 48}

Se utilizará como subconjunto ***L*** el que integra todos los parámetros

L= {a, cn, fn, t, d, pv, ea, f, nn, v, d} Y la matriz de fases.

$$\boldsymbol{ph}\begin{pmatrix} 1-1 & 1-2 & 1-3 & 1-4 \\ 2-1 & 2-2 & 2-3 & 2-4 \\ 3-1 & 3-2 & 3-3 & 3-4 \\ 4-1 & 4-2 & 4-3 & 4-4 \end{pmatrix}$$

Finalmente definimos las aplicaciones ***A.***

A={A^{1-4}, $A^{2-4,}$ $A^{3-4,}$ A^{4-4}}

A^{1-4}={A^{1-4}={ a={α_{i-1}}-((ph_2*em) mod af), cn=(i-1)*dp, fn=i*dp, t= ph_3*em, d= ph_4*em, pv= ph_2*em, ea= ph_3*em, f= ph_4*em, nn= ph_2*em, v },

A^{2-4}={ a={α_{i-1}}-((ph_1*em) mod af), cn=(i-1)*dp, fn=i*dp, t= ph_3*em, d= ph_4*em, pv= ph_1*em, ea= ph_3*em, f= ph_4*em, nn= ph_1*em, v },

A^{3-4}={ a={α_{i-1}}-((ph_1*em) mod af), cn=(i-1)*dp, fn=i*dp, t= ph_2*em, d= ph_4*em, pv= ph_1*em, ea= ph_2*em, f= ph_4*em, nn= ph_1*em, v },

A^{4-4}={ a={α_{i-1}}-((ph_1*em) mod af), cn=(i-1)*dp, fn=i*dp, t= ph_3*em, d= ph_3*em, pv= ph_1*em, ea= ph_2*em, f= ph_3*em, nn= ph_1*em, v}}

4 Explicación final de disonancia cognitiva

Podemos concebir disonancia cognitiva como un conjunto de espacio-tiempos cada uno de ellos representado por un eje de referencia de *n-dimensiones* (los parámetros definidos en la capa) que se mueven con distintas velocidades entre sí. Velocidades que son, en realidad, el metaparámetro que el compositor utiliza para componer la obra, siendo la fase de cada uno de los ejes con respecto a los demás lo que determina el valor real de las *n-dimensiones*. Ésta es la definición formal relativo espacio-temporal, pero la verdadera definición de la obra se produce en la escucha en la que los objetos ***e*** (*n-ádicos*) en los que cada *n-parámetro* adquiere su interpretación cognitiva mediante un espacio de significación que condiciona a la escucha a que el significado de un *n-parámetro* está condicionado por otro *n-parámetro* y viceversa, sin que ninguno de ellos pueda ser central con respecto a los demás.

4.1 Implementación en pseudocódigo

Ahora en un pseudocódigo orientado a objetos muy resumido .

creamos tantos objetos capa de la clase capa como capas se han definido en la obra

```
Open Midifile
For each  Capa in Obra
  {For each Er in Capa
           { While tc < fc
             {  i=i++
               tc=tc+d
                     For each  ph   in Er
```

```
                         { j=j+1
# Aquí, se procesas los metaparámetros, en este caso la matriz de fases.
                         Er(i).PideFase(Er(j).DevuelveFase())
                         Next j}
                       Er (i).CalculaAplicacion(ph())
                  Er (i).EscribeEventos(midifile)
                    next i }
             next Er }
        next Capa}
        Close midifile
```

El algoritmo para realizar la obra es muy sencillo, es suficiente con crear tres bucles anidados. El primero instancia un objeto ***capa*** por cada ***capa*** del conjunto de capas definido en la obra, el segundo bucle anidado instancia un objeto ***eje de referencia*** por cada ***eje de referencia*** de capa. Finalmente, este bucle crea otro tercer bucle anidado cuya misión es calcular la matriz de fases. Este algoritmo ilustra muy bien la diferencia entre parámetros y metaparámetro ya que los metaparámetros se procesan en el tercer bucle anidado mientras que los parámetros se procesas en el segundo bucle anidado.

4.2 Implementación En Max/Msp

Una vez analizado el sistema es suficiente con crear un objeto en Max llamado ***ejereferencia*** que implementa las funciones definidas en el objeto *Er.* Y a continuación, creamos un patch llamado ***capa*** (imagen2) en el que integramos tantos objetos ***ejereferencia*** (imagen1) como ejes de referencia hayamos definido. Se muestra un patch ***capa*** sencillo con sólo dos ejes de referencia (imagen2).Los deslizadores establecen el tiempo de repetición de cada patrón que es pasado a un objeto **cycle.** Cada vez que la fase sea cero lanza un disparador que activa el contador de iteración y dispara el objeto **calculaaplicacion**. Como los tiempos son distintos para cada eje de referencia cada vez que uno de los disparadores se activa provoca que el eje de referencia que comienza su ciclo pida la fase en la que se encuentra el otro a través de **pidefase**. El otro eje de referencia se lo devuelve a través de **devuelvefase** y dispara el objeto **calculaaplicacion** que dará a **escribeeventos** que realiza la escritura de los eventos sobre un fichero midi para su posterior procesado por el motor de síntesis.

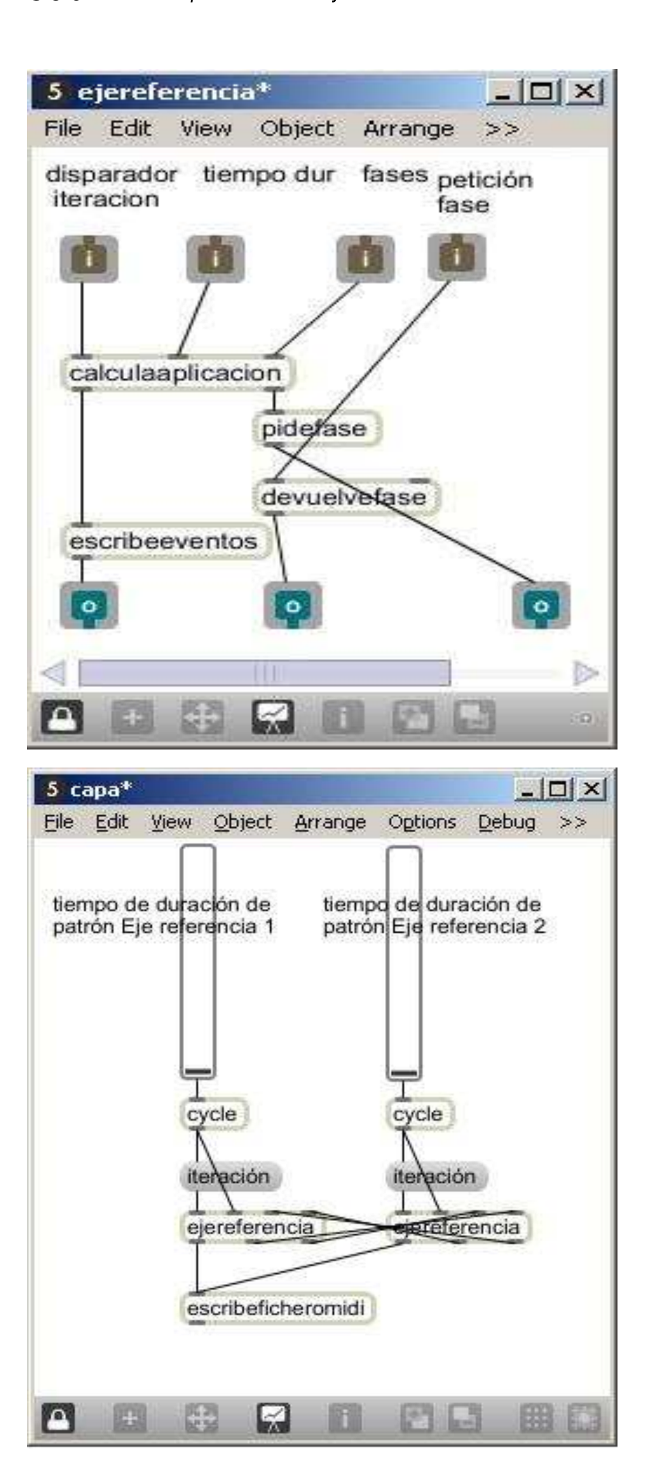


Imagen 1 Imagen 2

5. Uso de modelos cognitivos en Disonancia cognitiva

La disonancia cognitiva es un término creado en 1957 por el psicólogo cognitivo Leon Festinger [405]. Su idea principal es que, en un contexto de conflicto, se crea una tensión cuya relajación exige algún tipo de esfuerzo cognitivo que implica ciertos tipos de cambio.

[405] (3) FESTINGER, Leon. *A Theory of Cognitive Dissonance*. Stanford: Stanford University Press, 1957

En la música paramétrica la disonancia cognitiva es interpretada de una forma ligeramente distinta. La idea es sustituir el concepto de disonancia asociado a una propiedad de un material musical, definido en torno a un parámetro (usualmente las alturas), que puede considerarse objetivo (existe una métrica bien definida para medirlo), por el de una disonancia asociada al contexto en el que dichos materiales adquieren su significado. La disonancia cognitiva se genera cuando la escucha pierde la inteligibilidad del flujo sonoro. Dicho conflicto genera una tensión que obliga a repensar, en cada momento, la lógica de la obra, produciendo un esfuerzo cognitivo adicional en la escucha. La disonancia cognitiva depende del reconocimiento de patrones, siendo más relativa que la disonancia asociada al material, ya que tal reconocimiento es distinto para cada persona. La disonancia, dependiente de las propiedades de los materiales, genera el tensionamiento por las disonancias y su resolución, la cognitiva a través de momentos en que se reconocen congruencias y momentos en los que no. La resolución de una disonancia cognitiva se produce cuando se encuentra una nueva inteligibilidad o sentido a lo que está ocurriendo.

La disonancia cognitiva es la tensión que se produce en el escuchante de la obra, al no cumplirse las propias expectativas acerca del discurso sonoro. La disonancia cognitiva se mueve en un terreno ambiguo entre el orden y el desorden, ya que en un desorden total no hay disonancias cognitivas. La disonancia cognitiva parte de la idea de que la disonancia es relativa y que puede depender del contexto. La disonancia asociada a un determinado parámetro es la forma en que tradicionalmente se ha generado el concepto de disonancia. En la música tonal la disonancia deriva de la rudeza de la superposición (vertical u horizontal) de ciertos intervalos (la explicación de Helmholtz[406] se considera aún la explicación más habitual.

El modelo de Helmholtz establece que la disonancia, entre un par de tonos complejos, se produce por las interferencias entre sus componentes sinusoidales. Tales interferencias crean unos batidos que dan una cierta rugosidad. Helmholtz asociaba esta rugosidad a la disonancia. PLOMP, R. y LEVELT, W. J. M.[407] explican mejor el concepto de disonancia por el de banda crítica, que aunque es distinto del modelo de Helmholtz, se puede considerar como una mejora. La música paramétrica se basa siempre, exclusivamente, en el modelo de banda crítica.

[406] (4) HELMHOLTZ, H. L. F.. *On the Sensations of Tone as a Psychological basis for the Theory of Music*. New York: Dover, 1877.)

[407] (5) PLOMP, R., LEVELT, W. J. M. “Tonal consonance and critical bandwidth”. En: *Journal of the Acoustical Society of America*, n. 38, pp. 548-560. 1965).

Adorno[408] nos mostró, acerca de la obra de Berg cómo, por ejemplo, en el concierto para violín, la disonancia es relativa y, que en un medio no tonal, una serie de acordes tonales pueden constituir una disonancia. Adorno formuló un concepto de disonancia que no depende del material sino del contexto. El dodecafonismo y el serialismo integral fueron ampliando el concepto de disonancia asociado al material con tensiones asociadas a otros parámetros (como ruido asociado al timbre o las dinámicas extremas asociadas a la intensidad, etc.), y de paso, generando también de una forma sencilla, el concepto de disonancia cognitiva, que aunque no era explícitamente definido (como el caso citado de Berg. El serialismo amplió el concepto de tensionamiento a otros parámetros. Así, ciertos timbres, dinámicas y estructuras rítmicas generaban un tensionamiento derivado de las propiedades del material, sin estar directamente relacionado con las alturas. De aquí, la introducción del ruido con elemento generador de tensiones. En ciertas obras seriales el resultado del tensionamiento de la obra deriva de la superposición de varios tipos de tensionamientos asociados a distintas propiedades de los materiales. Hay un tensionamiento de las alturas, otro rítmico, etc..., Poco a poco, se pasó de procesos de tensionamiento dependientes de una sólo propiedad de los materiales a, procesos de tensionamiento que integraban factores contextuales, relativos y procesos dependientes de varias propiedades distintas de los materiales. Hay dos métricas del tensionamiento cognitivo, una ya la hemos visto, la correlación entre tensión y cualidades objetivas del material. La otra nos la ofrece la moderna Neurociencia, ya que la disonancia cognitiva provoca el uso intensivo de los circuitos neuronales que se encargar de gestionar los errores. Mientras que el tensionamiento tradicional dispara otro tipo de circuitería neuronal. Pero, en todo caso, la sensación de tensionamiento global es siempre una mezcla de ambas, la conciencia no puede diferenciar el tensionamiento. Según Besson y Schön[409] cuando una persona escucha melodías y se produce un error elicita un pico (ERP[410]) alrededor de 600 milisegundos (P600). De la misma forma que un error en el lenguaje elicita un pico N400. Así, la incongruencias que se producen cuando la lógica que permite el reconocimiento de patrones cambia, se elicitan picos.

---

[408] (6) ADORNO, Theodor W. *Alban Berg. El maestro de la transición ínfima*. Madrid: Alianza Música, v. 51, 1990,

[409] (7) BESSON, Mirielle, SHÖN, Danielle. “Comparison between language and Music” En: PERETZ, I., ZATORRE R. (ed.).*The Cognitive Neuroscience of Music*. Oxford: Oxford University Press, 2003. pp 269-293.

[410] Event-related potentials. Medidos a través de electroencefalogramas (EEG)

> Los resultados mostraron claramente que ambos tipos de notas inesperadas elicitan la aparición de un componente positivo, P600, cuya amplitud resultó ser dependiente del grado de incongruencia musical, siendo mayor para lo más inesperado[411].

La amplitud del pico era relativo al grado de incongruencia musical. Es decir, cuando mayor sea la incongruencia mayor es la amplitud del pico, lo que muestra una relación directa entre la cantidad de incongruencias y la cantidad de disonancia generada, aunque no es posible establecer una clara proporcionalidad. La música paramétrica recoge este segundo concepto de disonancia y libera a la disonancia con respecto a su dependencia de las características del material.

Bibliografía / Referencias

(1) ECHEVERRÍA, Javier. *Introducción a la Metodología de la Filosofía de la Ciencia en el siglo XX*. Madrid: Cátedra, 1999.

(2) SNEED, Joseph D. *The logical Structure of Mathematical Physics*. Dordrecht: Reidel, 1971.

(3) FESTINGER**,** Leon**.** *A Theory of Cognitive Dissonance*. Stanford: Stanford University Press, 1957.

(4) HELMHOLTZ, H. L. F. *On the Sensations of Tone as a Psychological basis for the Theory of Music*. New York: Dover, 1877.

(5) PLOMP, R., LEVELT, W. J. M. "Tonal consonance and critical bandwidth". En: *Journal of the Acoustical Society of America*, n. 38, pp. 548-560. 1965

(6) ADORNO**,** Theodor W. *Alban Berg. El maestro de la transición ínfima*. Madrid: Alianza Música, v. 51, 1990.

(7) BESSON, Mirielle, SHÖN, Danielle, "Comparison between language and Music" En: PERETZ, I., ZATORRE R. (ed.) *The Cognitive Neuroscience of Music*, Oxford: Oxford University Press, 2003. pp 269-293.

---

[411] (7) BESSON, Mirielle, SHÖN, Danielle. Op. cit.. pp 269-293.